



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 20 652 A 1**

⑤① Int. Cl. 8:
F 27 B 5/14
F 27 D 11/00
C 23 C 14/22

⑳ Aktenzeichen: 197 20 652.2
㉑ Anmeldetag: 16. 5. 97
㉒ Offenlegungstag: 20. 11. 97

DE 197 20 652 A 1

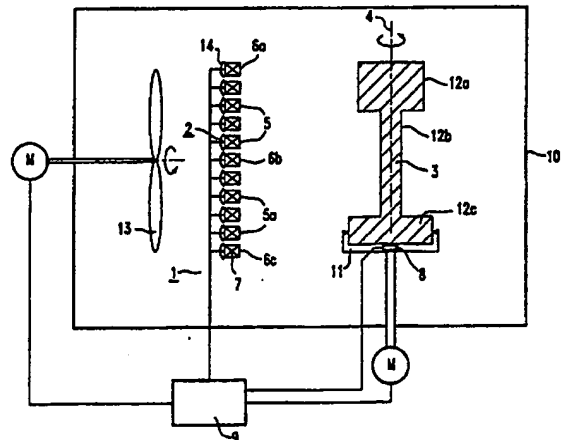
⑥⑥ Innere Priorität:
196 19 930.1 17.05.96

㉑ Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

㉒ Erfinder:
Hayeß, Burkhard, Dr.-Ing., 12435 Berlin, DE

⑤④ Beheizungs Vorrichtung und Verfahren zur Erwärmung eines Bauteils

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Beheizungs Vorrichtung (1) mit einer Heizquelle (2) zur Erzeugung eines lokal unterschiedlichen Wärmeeintrages in ein Bauteil (3). Die Heizquelle (2) weist eine Mehrzahl von Strahlungsquellen (5), insbesondere für Wärmestrahlung, unterschiedlich einstellbarer Strahlungsleistung auf. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur gleichmäßigen volumetrischen Erwärmung eines Bauteils (3).



DE 197 20 652 A 1

Die Erfindung betrifft eine Beheizungs-
vorrichtung sowie ein Verfahren zur gleichmäßigen volumetrischen
Erwärmung eines Bauteils, insbesondere einer Gastur-
binenleitschaufel oder -laufschaufel

In der US-PS 5,238,752 ist eine Vorrichtung zur Er-
zeugung eines Wärmedämmschichtsystems auf einem
metallischen Bauteil, beispielsweise einer Gasturbinen-
schaufel, beschrieben. Mittels Elektronenbeschuss aus
einer Elektrodenstrahlkanone werden aus einem Kera-
mikkörper aus mit Yttriumoxid stabilisiertem Zirkon-
oxid Keramikpartikel herausgelöst, die auf dem Bauteil
abgeschieden werden. Das Bauteil wird auf eine Tempe-
ratur von 900°C bis 1000°C vorgewärmt. Hierzu ist eine
nicht näher erläuterte Heizung vorgesehen. Während
des Beschichtungsvorganges wird das Bauteil ständig
gedreht, so daß unter den herrschenden Betriebsbedin-
gungen eine Wärmedämmschicht aus Zirkonoxid herge-
stellt wird, die eine stengelige Mikrostruktur aufweist.

Eine Vorwärmung des Bauteils auf eine vorgegebene
Temperatur hat einen unmittelbaren Einfluß auf die
Haftung der Wärmedämmschicht und die sich ausbil-
dende Schichtstruktur auf das metallische Bauteil. Bei
einer Vorwärmung mittels energiereicher und stark ge-
bündelter Strahlen, beispielsweise Laserstrahl, Elektro-
nenstrahl oder Plasmastrahl, findet insbesondere bei
Bauteilen mit stark schwankenden Massenkonzentra-
tionen keine gleichmäßige volumetrische Durchwärmung
des Bauteiles statt. Dies kann insbesondere bei im
wesentlichen dünnwandigen Bauteilen, wie mit Kühlka-
nälen durchzogenen Turbinenschaufeln mit Vollmetall-
bereichen, wie Deckplatte und Schaufelfuß, zu einer reich-
weise verminderten Haftung und Abweichung
von der erwünschten stengeligen Mikrostruktur der
Wärmedämmschicht auf dem metallischen Bauteil füh-
ren. Bei einer Vorwärmung mittels energiereicher
Strahlen ist somit die Gefahr einer lokalen Anschmel-
zung bei zu geringer Temperatur in Bereichen mit starker
Massenkonzentration, wie Schaufelfuß oder Deck-
platte einer Gasturbinenschaufel, latent vorhanden, was
zu entsprechenden Ausschußraten durch Schichthaf-
tungsprobleme oder Bauteilzerstörung führen kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Beheizungs-
vorrichtung anzugeben, mit der eine im wesentlichen gleichmä-
ßige volumetrische Durchwärmung eines Bauteils, ins-
besondere mit unterschiedlichen Wandstärken und
Massenkonzentrationen, durchführbar ist. Eine weitere
Aufgabe besteht darin, ein entsprechendes Verfahren
anzugeben.

Erfindungsgemäß wird die auf eine Beheizungs-
vorrichtung gerichtete Aufgabe durch eine Vorrichtung ge-
löst, die eine Heizquelle zur Erzeugung eines lokal un-
terschiedlichen Wärmeeintrages in ein Bauteil aufweist.
Mit einer Heizquelle, die es ermöglicht, in ein Bauteil
lokal unterschiedliche Wärmemengen einzutragen bzw.
dort zu erzeugen, wird vor allem bei Bauteilen mit un-
terschiedlichen Massenkonzentrationen eine gleichmä-
ßige volumetrische Durchwärmung erreicht. Dies ist
vor allem bei Turbinenschaufeln, wie beispielsweise
Gußschaufeln mit eingegossenen Hohlräumen vorteil-
haft, da eine Turbinenlaufschaufel an dem jeweiligen
Schaufelfuß und eine Turbinenleitschaufel an der jewei-
ligen Deckplatte sehr dickwandig sind, so daß hier lokal
unterschiedliche Massenkonzentrationen vorliegen. Mit
der Heizquelle wird gewährleistet, daß in die dickwan-
digen Bereiche (Deckplatte, Schaufelfuß) entsprechend
mehr Wärmeenergie als in die dünnwandigen Bereiche

eingetragen wird, so daß auch in den dickwandigen Be-
reichen nicht nur eine oberflächennahe, sondern eine
vollständige volumetrische Durchwärmung erfolgt.
Hierdurch ist selbst in radialer Richtung bei Turbinen-
leit- und Turbinenlaufschaufeln eine homogene Oberflä-
chentemperatur erreicht. Dies führt zu einer gleichmä-
ßig guten Haftung einer Wärmedämmschicht bei gefor-
deter stengelliger Mikrostruktur, die beispielsweise
mittels eines PVD-Beschichtungsverfahrens auf das
Bauteil aufgetragen wird. Durch die gleichmäßige volu-
metrische Durchwärmung des gesamten Bauteils sind
ebenfalls auftretende Strahlungsverluste und im Bauteil
ablaufende innere Wärmeleitvorgänge homogenisiert,
so daß lokale Abkühlungen des Bauteils weitgehend
vermieden sind. Hierdurch sind ebenfalls Schichthaf-
tungsprobleme in Folge zwischen der Wärmedämm-
schicht und dem Bauteil auftretender Spannungen so-
wie lokale Unterschreitungen der Schichtanbindungs-
temperatur (Ankeimungstemperatur) weitgehend ver-
mieden. Die Heizquelle ist vorzugsweise mit einer
Steuereinheit zur Steuerung des Wärmeeintrags ver-
bunden, wodurch selbst bei einer einzigen Heizquelle
ein lokal unterschiedlicher Wärmeeintrag in ein Bauteil
erfolgt. Hierbei wird die von der Heizquelle abgegebe-
ne oder durch die Heizquelle in dem Bauteil erzeugte
Wärme anhand der jeweiligen Position des Bauteils in
Bezug auf die Heizquelle gesteuert, wobei eine relative
Bewegung der Heizquelle zum Bauteil stattfinden kann.

Die Heizquelle weist vorzugsweise eine Mehrzahl
von Strahlungsquellen mit unterschiedlicher und/oder
unterschiedlich und gegebenenfalls unabhängig vonein-
ander einstellbarer Strahlungsleistung auf. Dies hat den
Vorteil, daß mit der Heizquelle ein großer Raumbereich
beheizbar ist und zwar so, daß in unterschiedlichen Teil-
raumbereichen ein unterschiedlicher Wärmeeintrag er-
zeugt wird. Somit wird ein Bauteil, welches mit einer
Oberfläche der Heizquelle zugewandt ist, insbesondere
bei einer Strahlungsheizquelle, an sämtlichen Teilflä-
chen der Oberfläche zeitgleich mit jeweils unterschiedli-
cher Intensität beheizt. Eine relative Bewegung zwi-
schen Heizquelle und Bauteil ist somit lediglich in einer
oder zwei Koordinatenrichtungen erforderlich. Bei einer
gegenseitigen Rotation ist lediglich eine Änderung der
Winkelkoordinaten erforderlich. Als Strahlungs-
quelle eignet sich bevorzugt eine Wärmestrahlungs-
quelle, die konstruktiv einfach herstellbar und in eine
Beschichtungsvorrichtung für ein Bauteil einfach ein-
baubar ist. Andere Strahlungsquellen können solche für
Elektronen-, Plasma- oder Laser-Strahlung sein. Solche
Strahlungsquellen können gegebenenfalls auch zur Vor-
wärmung des Bauteils für ein Verfahren zur Beschich-
tung des Bauteils mit einer Wärmedämmschicht, bei-
spielsweise dem Elektronenstrahl-PVD-Verfahren, ver-
wendet werden.

Die Strahlungsleistung jeder Strahlungsquelle ist vor-
zugsweise entsprechend der Massenkonzentration eines
jeweils für den Wärmeeintrag vorgesehenen Berei-
ches des Bauteils bemessen, wodurch eine gleichmäßige
volumetrische Erwärmung des Bauteils erzielt wird. Je
nach Form des Bauteils können hierbei mehrere Strah-
lungsquellen zu einer Strahlungsgruppe verbunden sein,
wobei die eine Strahlungsgruppe bildenden Strahlungs-
quellen jeweils die gleiche Strahlungsleistung abgeben.
Eine Strahlungsgruppe zur Erwärmung eines dickwan-
digen, insbesondere vollmetallischen, Teilbereiches ei-
nes Bauteils hat eine größere Strahlungsleistung als eine
Strahlungsgruppe zur Erwärmung eines dünnwandigen,
insbesondere hohlen, Teilbereichs des Bauteils.

Die Strahlungsquellen sind vorzugsweise entlang einer Linie angeordnet. Eine Strahlungsquelle ist vorzugsweise ein Heizstab mit einer Stabachse, wobei die Stabachsen benachbarter Strahlungsquellen vorzugsweise im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind. Durch eine Anordnung stabförmiger Strahlungsquellen ist eine Heizfläche gebildet, die in einer Richtung eine weitgehend konstante und in einer anderen Richtung eine der Form des Bauteils angepaßte Strahlungsleistung aufweist. Zusätzlich kann durch fokussierende Einrichtungen, wie Hohlspiegel, die Gerichtetheit der Wärmestrahlung beeinflusst, insbesondere verbessert, werden.

Die Beheizungsanordnung weist vorzugsweise einen Temperaturregler zur Erfassung der Aufwärmung des Bauteils, insbesondere an zumindest einer für die Gesamtaufwärmung charakteristischen Stelle des Bauteils, auf. Mit der Erfassung der Aufwärmung des Bauteils ist über eine Regeleinrichtung eine Regelung der Heizquelle erreicht, so daß anhand der gemessenen Aufwärmung des Bauteils der Wärmeeintrag durch die Heizquelle in das Bauteil zur Erzielung einer gleichmäßigen volumetrischen Durchwärmung regelbar ist. Bei einer Heizquelle aus einer Mehrzahl von Strahlungsquellen kann die Strahlungsleistung einzelner Strahlungsquellen oder einzelner Gruppen von Strahlungsquellen entsprechend der tatsächlich gemessenen Aufwärmung nachgeregelt, d. h. insbesondere erhöht oder erniedrigt, werden. Durch die Erfassung der aktuellen Temperatur, d. h. der Aufwärmung des Bauteils, an einer charakteristischen Stelle oder entlang einer Linie bzw. Fläche kann darüber hinaus auch die Aufheizgeschwindigkeit des Bauteils durch Regelung des Wärmeeintrags durchgeführt werden. Somit wird durch die Beheizungsanordnung ein vorgegebener Aufheizgradient genau eingehalten und eine vorgegebene Vorwärmtemperatur des Bauteils sicher erreicht. Die Aufheizung kann neben reiner Strahlungserwärmung auch durch zusätzliche Konvektionserwärmung unterstützt werden. Dies ist in einer Beschichtungsanordnung besonders günstig, da bis zu einer Temperatur von 700°C eine Erwärmung dominiert über Konvektion erfolgen kann und eine höhere Erwärmung bis über 1000°C vorwiegend durch Strahlungswärmeeintrag erfolgt. Die Heizquelle eignet sich somit für eine Erwärmung des Bauteils auf über 900°C, insbesondere auf 950°C bis 1050°C.

Die Heizquelle, insbesondere die Strahlungsquellen, sind vorzugsweise räumlich verteilt angeordnet. Hierdurch erfolgt ein Wärmeeintrag aus verschiedenen Richtungen, gegebenenfalls in denselben Bereich des Bauteils. Das Bauteil ist vorzugsweise zwischen einzelnen Strahlungsquellen anordenbar.

Dies ist besonders vorteilhaft für eine Beheizungsanordnung in einer Beschichtungsanordnung zur Durchführung eines PVD-Beschichtungsprozesses zur Herstellung einer keramischen Wärmedämmschicht auf einem Bauteil, insbesondere einer Gasturbinenschaufel, wobei die Beschichtungsanordnung eine Haltevorrichtung für die Halterung und Bewegung, insbesondere Rotation oder durch Superposition überlagerte Zusatzbewegung des Bauteils aufweist. Die Beheizungsanordnung, insbesondere eine solche mit einer Mehrzahl von Wärmestrahlungsquellen, ist in eine Kammer der Beschichtungsanordnung konstruktiv einfach installierbar und über einfache Regelprozesse so ansteuerbar, daß in dem Bauteil eine gleichmäßige volumetrische Durchwärmung auf einem hohen Temperaturniveau von über 900°C, gewährleistet ist. Das Bauteil wird in

einer Haltevorrichtung gehalten und durch Bewegung in dem von der Beheizungsanordnung erzeugten Wärmefeld gleichmäßig aufgeheizt. Durch eine geeignete Anordnung der Beheizungsanordnung in der Beschichtungsanordnung ist auch eine Zusatzheizung, insbesondere Strahlungsbeheizung, während des Beschichtungsprozesses möglich, bei dem auf das Bauteil eine keramische Wärmedämmschicht aufgebracht wird.

Die auf ein Verfahren zur gleichmäßigen volumetrischen Erwärmung eines Bauteils gerichtete Aufgabe wird dadurch gelöst, daß durch eine Beheizungsanordnung mit einer Heizquelle zur Erzeugung eines lokal unterschiedlichen Wärmeeintrags Bereiche unterschiedlicher Massenkonzentration entsprechend der jeweiligen Massenkonzentration aufgewärmt werden, insbesondere durch Zuführung bzw. Erzeugung einer entsprechenden der Massenkonzentration angepaßten Wärmemenge in dem jeweiligen Bereich. Vorzugsweise erfolgt hierbei ein Wärmeeintrag durch Wärmestrahlung und Konvektion mit einem vorgegebenen räumlichen Wärmeleistungsprofil. Es ist ebenfalls möglich, die entsprechende Wärmemenge durch hochenergetische Strahlung, wie Elektronen-, Plasma-, Laser-Strahlung zu erzeugen. Durch Strahlungsquellen unterschiedlicher Leistung wird den sich in ihrer Massenkonzentration unterscheidenden Bereichen eine jeweils unterschiedliche Wärmemenge pro Zeit zugeführt. Gegenüber einer klassischen Beheizung des Bauteils in einem Ofen zeichnet sich das Verfahren durch eine deutlich schnellere und regelbare Aufheizung des Bauteils aus, da der Temperaturengleich durch Wärmeleitung entfällt. Lokale Überhitzungen werden vermieden.

Anhand der in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiele werden die Beheizungsanordnung und das Verfahren zur gleichmäßigen volumetrischen Erwärmung eines Bauteils näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt schematisch und nicht maßstäblich eine Beheizungsanordnung 1 in einer Beschichtungsanordnung 10. Die Beschichtungsanordnung 10 dient einer Beschichtung eines Bauteils 3, hier einer schematisch dargestellten Leitschaukel einer Gasturbine, mittels eines PVD (Physical Vapour Deposition) – Verfahrens zur Herstellung einer keramischen Wärmedämmschicht, insbesondere aus mit Yttriumoxid stabilisiertem Zirkonoxid. Die Beschichtungsanordnung 10 weist eine Haltevorrichtung 11 auf, in der das Bauteil 3, welches entlang einer Längsachse 4 gerichtet ist, gehalten ist. Die Haltevorrichtung 11 weist einen nicht näher dargestellten Antrieb dar, durch den eine Rotation des Bauteils 3 um die Längsachse 4 mit vergleichsweise gleichmäßiger Drehgeschwindigkeit gegeben ist. Das Bauteil 3 weist drei Bereiche 12a, 12b, 12c mit unterschiedlicher Massenkonzentration auf. Mit dem Bereich 12c ist das Bauteil 3 in der Haltevorrichtung 11 gehalten. Der Bereich 12b ist zwischen den Bereichen 12a und 12c entlang der Längsachse 4 angeordnet. Es handelt sich hierbei um einen Bereich 12b, der relativ dünnwandig und zur Führung von Kühlgas hohl ausgebildet ist. Die Bereiche 12a und 12c sind dickwandig und fast vollständig als metallischer Vollblock ausgeführt, so daß sie eine erheblich größere Massenkonzentration als der mittlere Bereich 12b aufweisen. Die Beheizungsanordnung 1 weist eine Heizquelle 2, bestehend aus einer Mehrzahl von Strahlungsquellen 5 auf. Die Strahlungsquellen 5 sind entlang einer Linie parallel zur Längsachse 4 angeordnet. In Fig. 2 ist ein Teil der Strahlungsquellen 5 auf einer weiteren Linie, den anderen Strahlungsquellen 5 gegenüberliegend angeordnet. Das Bauteil 3 ist zwi-

schen den beiden Achsen positioniert. Andere Anordnungen und Aufteilungen der Strahlungsquellen 5 sind ebenfalls möglich. Jede Strahlungsquelle 5 ist für die Abgabe einer entsprechenden Strahlungsleistung einzeln ansteuerbar. Jede Strahlungsquelle 5 ist ein entlang einer senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Stabachse 7 gerichteter Heizstab 5a zur Erzeugung von Wärmestrahlung. Mit der Heizquelle 2 wird somit eine senkrecht zur Zeichenebene verlaufende Heizfläche gebildet. Die Heizstäbe 5a sind entsprechend der Anzahl der Bereiche 12a, 12b, 12c unterschiedlicher Massenkonzentration (hier 3) zu Strahlungsgruppen 6a, 6b, 6c verbunden. Jede Strahlungsgruppe 6a, 6b, 6c ist einem entsprechenden Bereich 12a, 12b, 12c gegenüberliegend angeordnet. An dem Bereich 12c ist ein Temperaturregler 8, insbesondere eine Thermoelement, angeordnet, durch welchen die aktuelle Temperatur des Bauteils 3 erfaßt wird. Als Temperaturregler 8 kann ebenfalls ein Temperatursensor, wie beispielsweise eine infrarotsensitive Fotodiode, oder eine Mehrzahl von Temperatursensoren, die entlang der Längsachse 4, an der der Beheizungsanordnung 1 gegenüberliegenden Seite des Bauteils 3 angeordnet sind, verwendet werden. Der Temperaturregler 8 ist mit einer Regeleinrichtung 9 zur Regelung und Steuerung der Heizquelle 2, insbesondere der abzugebenden Strahlungsleistung verbunden. Die Beheizungsanordnung 1 weist zudem einen Lüfter 13 auf, durch den eine Konvektionsströmung von der Heizquelle 2 zu dem Bauteil 3 erzeugt wird. Der Lüfter 13 ist ebenfalls mit der Regeleinrichtung 9 verbunden.

Eine Vorheizung des Bauteils 3 kann mittels Konvektion und/oder Strahlung erfolgen. In einem Temperaturbereich bis zu etwa 700°C wird die Effektivität der Aufheizung überwiegend durch konvektive Wärmezufuhr bestimmt. Oberhalb 700°C dominiert eine Aufheizung infolge von Strahlungseffekten. Die Vorheizung ist vorzugsweise an den in der Beschichtungsanordnung 10 herrschenden Druck gekoppelt. Eine Vorheizung kann dabei, wie folgt, ablaufen:

Ein zu beschichtendes Bauteil 3 wird in die Haltevorrichtung 8 eingebracht, die Beschichtungsanordnung 10 wird bis auf ca. 10 mbar evakuiert, sie wird anschließend mit Argon bis auf einen Druck von 200 mbar geflutet, erneut auf etwa 10 mbar evakuiert und anschließend mit Argon auf etwa 800 mbar geflutet. Durch die Regeleinrichtung 9 werden die Strahlungsquellen 5 und der Lüfter 13 aktiviert sowie eine Druckregelung in der Beschichtungsanordnung 10, beispielsweise durch eine Drehschieberpumpe, durchgeführt. Über den Temperaturregler 8 erfolgt eine Temperaturüberwachung des Erwärmungsvorganges, wobei bei Erreichen einer ersten Grenztemperatur von ca. 700°C eine Abschaltung des Lüfters 13 erfolgt und somit ein Übergang zur Strahlungsheizung mittels der Strahlungsquellen 5 erfolgt. Zusätzlich wird eine nichtdargestellte Vakuumpumpe eingeschaltet und die Beschichtungseinrichtung 10 auf einen Druck zur Durchführung des Beschichtungsverfahrens eingeregelt. Es erfolgt eine geregelte Aufheizung des Bauteils 3 durch Strahlung bis auf eine Ankeimungstemperatur, wobei ein vorgegebener Aufheizgradient (eine Aufheizgeschwindigkeit) eingehalten wird. Mittels des Temperaturreglers 8 erfolgt eine Überwachung der Temperatur des Bauteils 3 und eine Leistungsregelung der Heizungsquelle 2 so, daß eine für die Beschichtung erforderliche Temperatur eingehalten wird.

Für eine gleichmäßige Durchwärmung wird jeder Strahlungsgruppe 6a, 6b, 6c entsprechend der Geome-

trie und der Massenanhäufung des Bauteils 3 ein Leistungsfaktor zugeordnet, der beispielsweise vorab in Vorversuchen ermittelt wurde. Hierdurch kann auf einfachem Wege bei der Beschichtung nahezu identischer Bauteile jeweils der einmal bestimmte Leistungsfaktor wieder verwendet werden. Die Drehzahl des Lüfters 13 wird ebenfalls über die Regeleinrichtung 9 in Abhängigkeit der Erwärmung des Bauteils 3 geregelt.

Jedem einzeln ansteuerbaren Heizstab 5a der Heizquelle 2 wird durch softwareseitige Vorabdefinition durch die Regeleinrichtung 9, welche beispielsweise als speicherprogrammierbare Steuerung ausgeführt ist, ein Heizleistungsprofil aufgeprägt. Dieses dient als adaptive Führungsgröße für die Regelung der Gesamtheizleistung der Heizquelle 2 sowie der lokalen Wärmeleistung, wobei die lokale Wärmeleistung jeweils an die Geometrie und die Massenkonzentration des Bauteils 3 angepaßt ist. Bei einer größeren Massenkonzentration ist dementsprechend auch örtlich die Wärmeleistung höher. Die zu einer jeweiligen Strahlungsgruppe 6a, 6b, 6c zusammengefaßten Heizstäbe 5a haben jeweils einen zugeordneten Leistungsfaktor m . Jede Strahlungsgruppe 6a, 6b, 6c ist durch die Regeleinrichtung 9 einzeln regelbar. Diese Regelung kann durch ein Rechnerprogramm oder entsprechende elektronische bzw. elektrische Schaltungen durchgeführt werden. Zur Regelung wird in vorgegebenen, insbesondere festen Zeitintervallen die Temperatur des zu erwärmenden Bauteils durch den Temperaturregler 8 ermittelt und die so ermittelte Temperatur und Aufheizgeschwindigkeit mit vorgegebenen Sollwerten verglichen. Bei einer auftretenden Regelabweichung erfolgt eine Rückwirkung auf die nichtdargestellten elektrischen Stromquellen der einzelnen Heizstäbe 5a, die zu den Strahlungsgruppen 6a, 6b, 6c zusammengefaßt sind. Durch diese Regelung wird eine homogene Temperaturverteilung innerhalb des Bauteils 3 gewährleistet. Als Führungsgrößen für die Regelungen treten beispielsweise das gewählte Heizleistungsprofil, die Solltemperatur sowie der Aufheizgradient (Aufheizgeschwindigkeit) auf. Zwischen der Gesamtleistung P_G der Heizquelle 2, welche als Regelgröße dient, und der Heizleistung jeder Strahlungsgruppe P_A, P_B, P_C besteht über die Leistungsfaktoren m ($0 \leq m \leq 1$) eine Beziehung. Die Heizleistung jeder Strahlungsgruppe P_A, P_B, P_C läßt sich als die Summe der Heizleistung der in der Strahlungsgruppe angeordneten jeweiligen Heizstäbe 5a darstellen. Die Gesamtleistung P_G ist gleich der Summe aus den jeweiligen Heizleistungen der Strahlungsgruppen multipliziert mit den entsprechenden Leistungsfaktoren.

$P_G = m_A P_A + m_B P_B + m_C P_C$ mit $m_A; m_B; m_C = \text{konstant}$.

Weiterhin wird das Verhältnis aus Leistungsfaktor m_A, m_B, m_C zu der jeweiligen Heizleistung der Strahlungsgruppe P_A, P_B, P_C für jede Strahlungsgruppe gleich gewählt. Hierdurch läßt sich die Gesamtleistung eindeutig als eine Funktion einer einzigen Heizleistung einer Strahlungsgruppe 6a, 6b, 6c darstellen und somit eine einfache Regelung durchführen. Gleiches gilt für die Aufheizgeschwindigkeit des Bauteils. Somit ist in Abhängigkeit der Masse, der Massenverteilung, der jeweiligen Bauteiloberfläche sowie der Geometrie des Bauteils eine eindeutige Korrelation zwischen Gesamtleistung der Heizquelle 2 und der Aufheizgeschwindigkeit gegeben, wodurch auch hierfür eine einfache Regelung durchführbar ist.

Die Erfindung zeichnet sich durch eine Beheizungsanordnung mit einer Heizquelle zur Erzeugung eines

lokal unterschiedlichen Wärmeeintrags in ein Bauteil aus, wodurch eine gleichmäßige volumetrische Erwärmung des Bauteiles auf eine vorgebbare Bauteiltemperatur mit vorgebbarer Aufheizgeschwindigkeit erreicht ist. Hierfür weist die Beheizungs Vorrichtung vorzugsweise eine Mehrzahl eine Heizfläche bildender Heizstäbe auf, wobei die Heizstäbe einzeln ansteuerbar und zu Strahlungsgruppen zusammenfaßbar sind. Die Zusammenfassung der Heizstäbe in Strahlungsgruppen erfolgt derart, daß in der durch die Heizstäbe gebildeten Fläche eine Abbildung der Massenverteilung und Geometrie des Bauteiles vorliegt. Durch eine der Massenverteilung angepaßte Heizleistungsregelung der Strahlungsgruppen erfolgt somit ein der Massenkonzentration und Geometrie des Bauteils angepaßter Wärmeeintrag, welcher in Bereichen großen Massenkonzentration entsprechend größer als in Bereichen geringer Massenkonzentration ist. Dies ist besonders vorteilhaft bei Gasturbinenleit- und -laufschaufeln, die aus dünnwandigen mit Kühlkanälen versehenen Gußteilen und dickwandigen Fuß- bzw. Deckplatten bestehen. Für solche Gasturbinenschaufeln kann somit eine gleichmäßige homogene volumetrische Temperaturverteilung erreicht werden, so daß bei einem Beschichtungsvorgang zur Herstellung einer Wärmedämmschicht eine gleichmäßig gute Haftung und Ablagerung dieser Wärmedämmschicht mit einer geforderten Mikrostruktur, insbesondere aus mit Yttriumoxid teilstabilisiertem Zirkonoxid, gegeben ist. Die Turbinenschaufeln zeichnen sich somit durch eine gegenüber thermomechanischen Wechselbelastungen hervorragend beständige Wärmedämmschicht aus.

Patentansprüche

1. Beheizungs Vorrichtung (1) mit einer Heizquelle (2) zur Erzeugung eines lokal unterschiedlichen Wärmeeintrages in ein Bauteil (3).
2. Beheizungs Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, bei dem die Heizquelle (2) eine Mehrzahl von Strahlungsquellen (5), insbesondere für Wärmestrahlung, unterschiedlich einstellbarer Strahlungsleistung aufweist.
3. Beheizungs Vorrichtung (1) nach Anspruch 2, bei der die Strahlungsleistung jeder Strahlungsquelle (5) entsprechend der Massenkonzentration eines jeweils für den Wärmeeintrag vorgesehenen Bereiches (12) des Bauteils (3) zur Erzielung einer gleichmäßigen volumetrischen Erwärmung des Bauteils (3) bemessen ist.
4. Beheizungs Vorrichtung (1) nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Strahlungsquellen (5) untereinander zu Strahlungsgruppen (6) verbindbar sind.
5. Beheizungs Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei der jede Strahlungsquelle (5) ein Heizstab (5a) mit einer jeweiligen Stabachse (7) ist.
6. Beheizungs Vorrichtung (1) nach Anspruch 5, bei der die jeweiligen Stabachsen (7) entlang einer Linie, insbesondere im wesentlichen parallel zueinander, angeordnet sind.
7. Beheizungs Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Temperaturregler (8) zur Erfassung der Aufwärmung des Bauteils (3), insbesondere an zumindest einer für die Gesamtaufwärmung charakteristischen Stelle des Bauteils (3).
8. Beheizungs Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, bei der der Temperaturregler (8) mit einer Regeleinrichtung (9) zur Regelung einer homogenen volumetrischen Erwärmung des Bauteils (3) und/oder zur Regelung eines Aufheizgradienten für die zeitliche Erwärmung des Bauteils (3) verbunden ist.
9. Beheizungs Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Heizquelle (2) räumlich verteilt angeordnet ist, so daß das Bauteil (3) insbesondere zwischen zumindest zwei Komponenten (5, 6, 5a) anordenbar ist.
10. Beheizungs Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Heizquelle (2) für eine Erwärmung des Bauteils (3) auf über 900°C, insbesondere auf 950°C bis etwa 1050°C, ausgebildet ist.
11. Beheizungs Vorrichtung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, in einer Beschichtungs Vorrichtung (10) zur Durchführung eines PVD-Beschichtungsprozesses zur Herstellung einer keramischen Wärmedämmschicht auf dem Bauteil (3), insbesondere einer Gasturbinenschaufel, mit einer Halte Vorrichtung (11) zur Halterung und Rotation des Bauteils (3).
12. Verfahren zur gleichmäßigen volumetrischen Erwärmung eines Bauteils (3), bei dem durch eine Beheizungs Vorrichtung (1) mit einer Heizquelle (2) zur Erzeugung eines lokal unterschiedlichen Wärmeeintrages in das Bauteil (3) Bereichen (12) unterschiedlicher Massenkonzentration eine der jeweiligen Massenkonzentration angepaßte Wärmemenge zugeführt wird.

metrischen Erwärmung des Bauteils (3) und/oder zur Regelung eines Aufheizgradienten für die zeitliche Erwärmung des Bauteils (3) verbunden ist.

9. Beheizungs Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Heizquelle (2) räumlich verteilt angeordnet ist, so daß das Bauteil (3) insbesondere zwischen zumindest zwei Komponenten (5, 6, 5a) anordenbar ist.

10. Beheizungs Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Heizquelle (2) für eine Erwärmung des Bauteils (3) auf über 900°C, insbesondere auf 950°C bis etwa 1050°C, ausgebildet ist.

11. Beheizungs Vorrichtung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, in einer Beschichtungs Vorrichtung (10) zur Durchführung eines PVD-Beschichtungsprozesses zur Herstellung einer keramischen Wärmedämmschicht auf dem Bauteil (3), insbesondere einer Gasturbinenschaufel, mit einer Halte Vorrichtung (11) zur Halterung und Rotation des Bauteils (3).

12. Verfahren zur gleichmäßigen volumetrischen Erwärmung eines Bauteils (3), bei dem durch eine Beheizungs Vorrichtung (1) mit einer Heizquelle (2) zur Erzeugung eines lokal unterschiedlichen Wärmeeintrages in das Bauteil (3) Bereichen (12) unterschiedlicher Massenkonzentration eine der jeweiligen Massenkonzentration angepaßte Wärmemenge zugeführt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

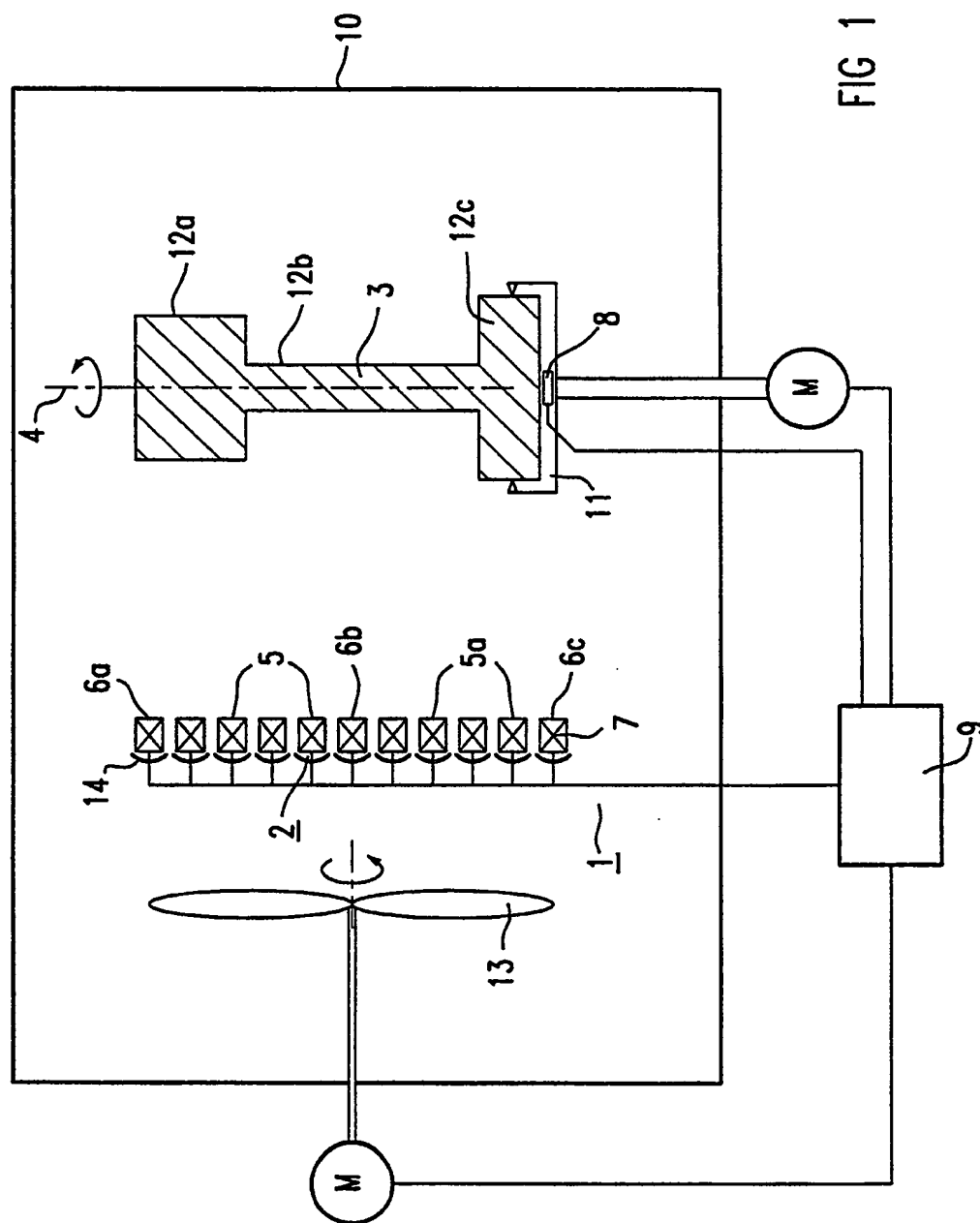


FIG 1

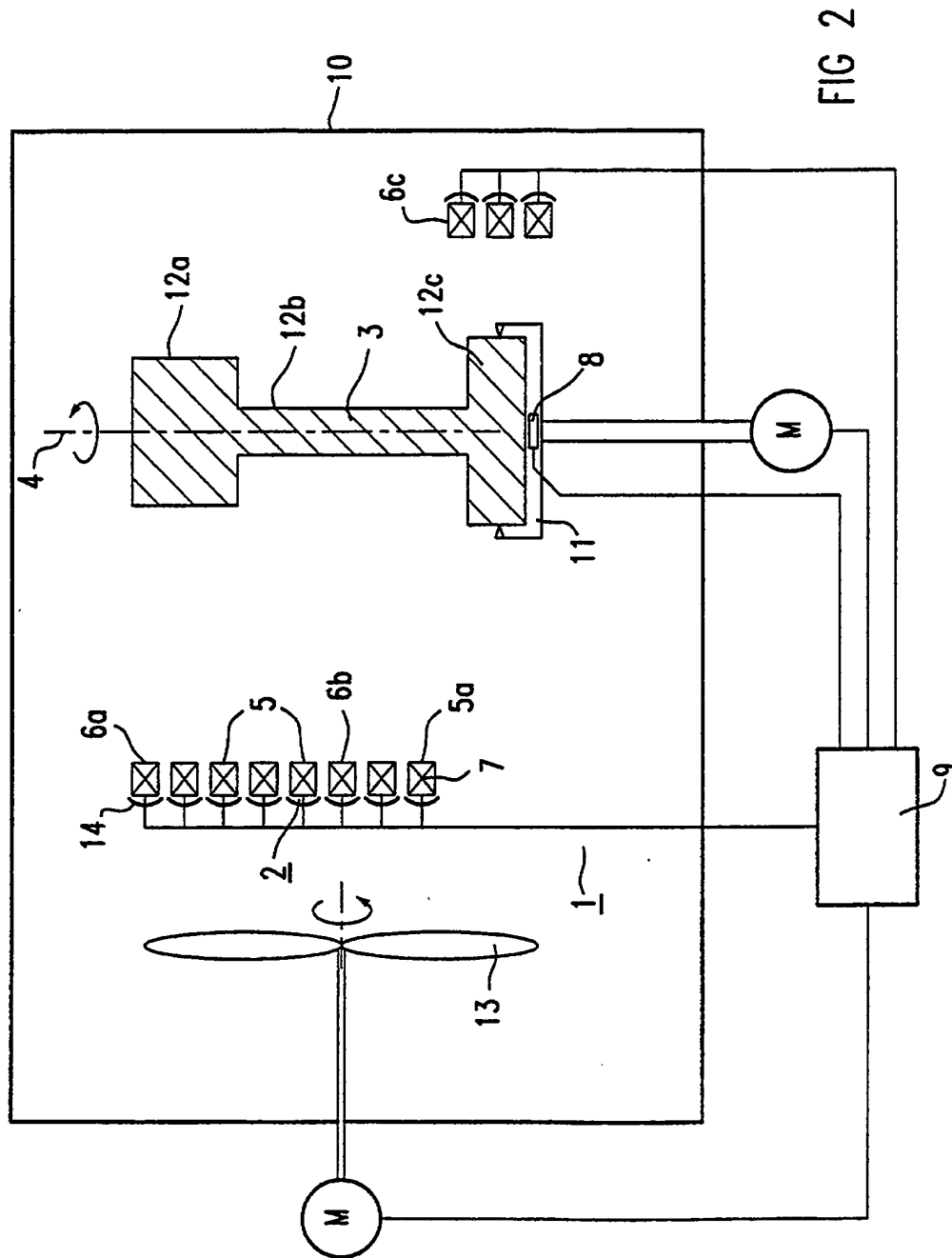


FIG 2

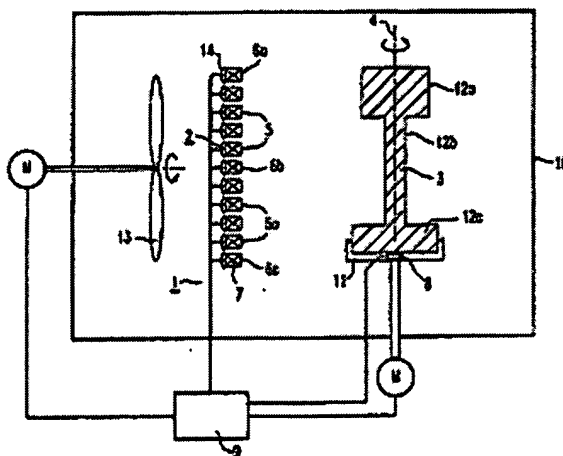
Heating apparatus for use in e.g. manufacture of gas turbines

Patent number: DE19720652
Publication date: 1997-11-20
Inventor: HAYES BURKHARD DR ING (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
- international: F27B5/14; F27D11/00; C23C14/22
- european: C23C14/54B; F27D23/00A
Application number: DE19971020652 19970516
Priority number(s): DE19971020652 19970516; DE19961019930 19960517

Report a data error here

Abstract of DE19720652

The heating apparatus (1) incorporates a heat source (2) capable of producing a locally differing heat input into a component (3). Also claimed is the operation of the above heating apparatus.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide